

STUDI PENDAHULUAN PEMODELAN ARUS LALU LINTAS DI RUAS JALAN RUNGKUT ASRI KOTA MADYA SURABAYA dengan METODE UNDERWOOD

Hendrata Wibisana

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil UPN “Veteran” Jatim

Email: hw00198@yahoo.com

ABSTRACT

The characteristic of the traffic flow could be examined and analysis with many methods. In this research one of the methods that can be used is an Underwood Methods which complaint that the mathematical relationships between traffic flow and density of vehicle have a form like a logarithmic function. Base on result from the observation and calculation of traffic flow at the street Rungkut Asri in Surabaya town, and use of statement correlation of Underwood Methods and graphic manipulation with Linier Regression , getting a point of S_{ff} (velocity from low density) is a 85,357 km/hr and the point of D_m (the highest density) is a 66,67 (smp/hr). The reach of maximum of traffic volume it's from condition of density = 33,335 smp/km which has move with speed $S = 43,678$ km/hr. Mathematical modelling can be manipulated as follow : $Ln.S = 4,47 - ,015D$; $V = 87,357 D.e^{(-0,015D)}$; $V = 447 S - 66,67 S.LnS$

Key words : Underwood Methods, speed vehicles, traffic flow, density of traffic

ABSTRAK

Karakteristik dari arus lalu lintas dapat dipelajari dan dianalisa dengan menggunakan beberapa metode. Pada penelitian ini salah satu metode yang digunakan adalah Metode Underwood yang menyatakan bahwa hubungan matematis dari arus dan kepadatan merupakan fungsi logaritmik. Dari hasil pengolahan data arus lalu lintas pada ruas jalan Rungkut Asri di kotamadya Surabaya, berdasarkan metode Underwood dan pengolahan grafik dengan Regresi linier diperoleh nilai S_{ff} (kecepatan pada kepadatan terendah) diperoleh sebesar 85,357 km/jam dan nilai D_m (kepadatan tertinggi) diperoleh sebesar 66,67 (smp/km). Volume maksimum diperoleh pada kondisi kepadatan $D = 33,335$ smp/km yang bergerak dengan kecepatan $S = 43,678$ km/jam. Model matematis diperoleh sebagai berikut : $Ln.S = 4,47 - 0,015 D$; $V = 87,357 D.e^{(-0,015D)}$; $V = 447 S - 66,67 S.Ln.S$

Kata Kunci : Metode Underwood, kecepatan kendaraan, Arus lalu lintas, kepadatan lalu lintas

PENDAHULUAN

Pembangunan ruas jalan sebagai salah satu bentuk komitmen pemerintah dalam pembangunan infrastruktur secara menyeluruh dimaksudkan sebagai penyedia sarana transportasi yang memudahkan masyarakat setempat untuk berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya, baik dalam bidang sosial, ekonomi maupun budaya.

Sebagai salah satu sarana transportasi darat, jalan raya dimaksudkan untuk dipergunakan sebagai akumulasi berbagai kendaraan bermotor maupun kendaraan tak bermotor. Dan dalam hal ini jumlah atau volume dari kendaraan yang melintasi jalan tersebut tergantung kepada parameter yang ada yang menimbulkan “bangkitan pergerakan”.

Menurut Tamin (2003), tujuan dasar bangkitan pergerakan adalah menghasilkan model hubungan yang mengkaitkan parameter tata guna lahan dengan jumlah pergerakan yang menuju ke suatu zona atau jumlah pergerakan yang meninggalkan suatu zona. Jumlah pergerakan dapat dikaitkan dengan kepadatan arus lalu lintas pada suatu ruas jalan. Kepadatan dapat diyakini berkorelasi dengan kecepatan kendaraan serta volume kendaraan yang terjadi per kilometer ruas jalan.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mencari model korelasi antara volume kendaraan, arus dan kecepatan kendaraan

pada suatu ruas jalan. Ruas jalan yang diteliti pada area Rungkut Asri. Pemilihan ini didasari oleh observasi awal dimana pada ruas jalan ini sering terjadi kemacetan, volume kendaraan yang meningkat pada jam-jam tertentu, serta belum ada suatu studi yang memodelkan korelasi arus dan kepadatan pada ruas jalan ini.

Karakteristik arus lalu lintas pada suatu area menarik untuk diteliti dan dianalisa, dimana hasil yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi dari ruas jalan yang ada. Dalam hal ini dikenal ada 3 parameter yang utama yaitu:

- a. Arus (volume) lalu lintas
- b. Kepadatan (densitas) lalu lintas
- c. Kecepatan (speed) lalu lintas

Menurut Tamin karakteristik ini dapat dipelajari dengan suatu hubungan matematik di antara ketiga parameter di atas yaitu kecepatan, arus dan kepadatan lalu lintas pada ruas jalan.

Hubungan matematis tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$V = D \cdot S \quad (1)$$

Dimana:

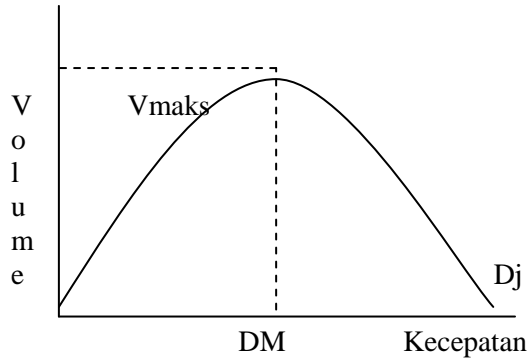
V = arus

D = kepadatan

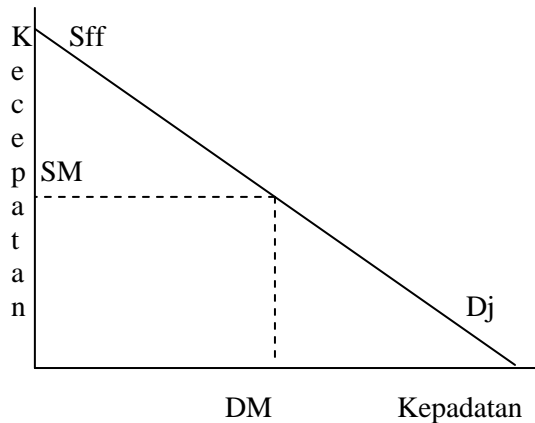
S = kecepatan

STUDI PENDAHULUAN PEMODELAN ARUS LALU LINTAS
(Hendrata Wibisana)

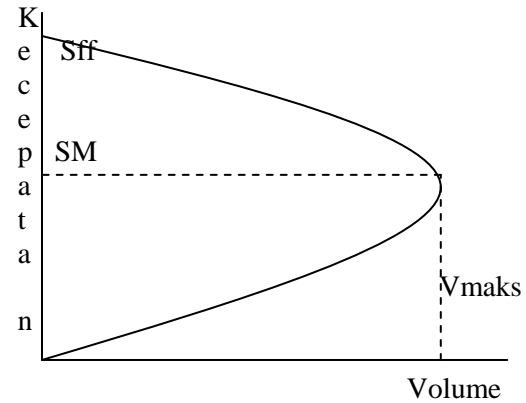
Hubungan di atas bila dijelaskan dalam gambar sebagai berikut:



Gambar 1. Kecepatan(km/jam) Vs Volume(smp/jam)



Gambar 2. Kepadatan(smp/km) Vs Kecepatan(km/jam)



Gambar 3. Volume(smp/jam) vs Kecepatan(km/jam)

Keterangan Gambar:

VM = kapasitas atau arus maksimum (kendaraan /jam)

SM = kecepatan pada kondisi arus lalu lintas maksimum (km/jam)

DM =kepadatan pada kondisi arus lalu lintas maksimum (kendaraan/ km)

D_j = kepadatan pada kondisi arus lalu lintas macet total (kendaraan/ km)

Penurunan Model yang dapat menyatakan atau merepresentasikan hubungan antara Kepadatan dan Kecepatan ada 3 yaitu :

- Model Greenshield
- Model Greenberg
- Model Underwood

Pada penelitian ini hanya akan dibahas model yang ketiga yaitu Model Underwood

dan rute yang diambil sebagai sample adalah ruas jalan Rungkut Asri dengan jumlah pengukuran sebanyak 22.

MODEL UNDERWOOD

Underwood mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara kecepatan dan kepadatan bukan merupakan fungsi linier melainkan fungsi “logaritmik”. Persamaan dasar model underwood dapat dinyatakan melalui persamaan :

$$S = S_{ff} \cdot e^{\frac{D}{D_m}} \quad (2)$$

Dimana : S_{ff} = kecepatan arus bebas
 D_m = kepadatan pada kondisi arus maksimum (kapasitas).

Jika persamaan (2) di atas dinyatakan dalam bentuk logaritma natural, maka persamaan (2) dapat dinyatakan kembali sebagai persamaan (3), sehingga hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan selanjutnya juga dapat dinyatakan dalam persamaan (3) :

$$\ln. S = \ln. S_{ff} - \frac{D}{D_m} \quad (3)$$

Selanjutnya hubungan matematis antara Arus – Kecepatan dapat diturunkan dengan

menggunakan persamaan dasar (1), dan dengan memasukkan persamaan :

$$S = \frac{V}{D} \quad (4)$$

Ke persamaan (2), diperoleh dan diturunkan persamaan selanjutnya dalam bentuk persamaan (5) dan persamaan (6) :

$$\frac{V}{D} = S_{ff} \cdot e^{\frac{D}{D_m}} \quad (5)$$

$$V = D \cdot S_{ff} \cdot e^{\frac{D}{D_m}} \quad (6)$$

Persamaan (6) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus-Kepadatan. Kondisi arus maksimum (V_m) bisa diperoleh pada saat arus $D = D_m$. Nilai $D = D_m$ bias diperoleh dari persamaan:

$$\frac{V}{D} = S_{ff} - \frac{2 \cdot S_{ff}}{D_j} \cdot D_m = 0 \quad (7)$$

$$D_m = \frac{D_j}{2} \quad (8)$$

dengan memasukkan persamaan (8) ke persamaan (6), maka nilai V_m bisa didapat

STUDI PENDAHULUAN PEMODELAN ARUS LALU LINTAS
(Hendrata Wibisana)

dan diperoleh persamaan baru sebagai berikut:

$$VM = \frac{Dj \cdot Sff}{4} \quad (9)$$

Hubungan Matematis Arus-Kecepatan

Dari persamaan dasar (1) dan dengan memasukkan persamaan (10) ke dalam persamaan (2), maka dapat dimodifikasi sebagai berikut :

$$D = \frac{V}{S} \quad (10)$$

$$S = Sff - \frac{Sff}{Dj} \cdot \frac{V}{S} \quad (11)$$

$$\frac{Sff}{Dj} \cdot \frac{V}{S} = Sff - S \quad (12)$$

$$V = Dj \cdot S - \frac{Dj}{Sff} S^2 \quad (13)$$

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

- a) Menghitung berapa Nilai Sff dan Dmaks

- b) Mencari model matematis antara Kecepatan-Kepadatan, Volume-Kecepatan dan Volume-Kepadatan
c) Menentukan berapa kapasitas (volume maksimum) dan pada kondisi yang bagaimana Volume maksimum terjadi

METODA PENELITIAN

Pengambilan Data

- Survey dan pengambilan data dilakukan pada ruas jalan Rungkut Asri.
- Pengambilan data dilakukan mulai jam 06.00 WIB hingga selesai jam 17.00 WIB dengan cara menghitung jumlah kendaraan bermotor yang melintasi ruas jalan tersebut dan di total tiap 30 menit berjalan.
- Untuk data kecepatan (S), pengambilan data dilakukan dengan terlebih dahulu mengukur panjang ruas jalan percobaan dan setelah itu dengan bantuan stopwatch mengukur waktu lintasan kendaraan bermotor dari titik awal ke titik akhir.

Tabulasi Data

Data yang selesai dibuat, ditabulasikan dengan bantuan program komputer Excel 2000 dan dilakukan perhitungan untuk D dan Xi kuadrat dan dimasukkan dalam kolom tersendiri pada Excel.

Analisa Data

Untuk analisa data dilakukan dengan menggunakan Regresi Linier:

$$Y_i = A + Bx_i$$

(14)

Dengan transformasi linier diperoleh:

$$\text{Ln. } S = Y_i$$

$$D = X_i$$

A adalah intercep dengan sumbu Y, maka diperoleh $A = \text{Ln. Sff}$, sedangkan B adalah gradien atau kemiringan dari kurva sehingga diperoleh

$$B = -1/D_m, \text{ dan Sff} = e^A.$$

Untuk mencari nilai A dan B diberikan rumusan di bawah ini yang diturunkan dari metode kuadrat terkecil atau dari analisa regresi biasa :

$$B = \frac{N \sum_{i=1}^N (X_i Y_i) - \sum_{i=1}^N X_i \cdot \sum_{i=1}^N Y_i}{N \sum_{i=1}^N (X_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^N X_i^2 \right)} \quad (15)$$

$$A = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{N} - B \cdot \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

Karena $\text{Sff} = A$, maka $D_j = -(A/B)$

HASIL DAN ANALISA

Data yang diperoleh dari hasil penukuran di lapangan dinyatakan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Pengukuran Arus Lalu Lintas dan Kecepatan

NO	PERIODE	V (smp/jam)	S km/jam)
1	2	3	4
1	06.00-06.30	985.25	72.51
2	06.30-07.00	1565.2	64.35
3	07.00-07.30	1584.75	60.25
4	07.30-08.00	1425.32	64.35
5	08.00-08.30	1256.44	61.42
6	08.30-09.00	1026.35	65.24
7	09.00-09.30	1124.15	72.15
8	09.30-10.00	989.56	78.15
9	10.00-10.30	1045.25	72.42
10	10.30-11.00	987.56	67.66
11	11.00-11.30	854.21	75.65
12	11.30-12.00	889.54	72.34
13	12.00-12.30	1131.25	67.35
14	12.30-13.00	1251.24	58.55
15	13.00-13.30	1042.35	66.57
16	13.30-14.00	951.45	70.06
17	14.00-14.30	865.24	72.21
18	14.30-15.00	925.15	71.06
19	15.00-15.30	825.65	71.35
20	15.30-16.00	946.65	74.45
21	16.00-16.30	1045.54	70.25
22	16.30-17.00	1255.25	64.85

Untuk keperluan analisa regresi dibuat tambahan kolom guna perhitungan nilai D dan X_i kuadrat.

Hasil tersebut ditampilkan pada Tabel.2

STUDI PENDAHULUAN PEMODELAN ARUS LALU LINTAS
(Hendrata Wibisana)

Tabel 2. Data Observasi Nilai Volume,
Kepadatan, Kecepatan

NO	V (smp / jam)	S (km / jam)	d= v/s = Xi
1	2	3	4
1	985.25	72.51	13.587781
2	1565.2	64.35	24.32323232
3	1584.75	60.25	26.30290456
4	1425.32	64.35	22.14949495
5	1256.44	61.42	20.45652882
6	1026.35	65.24	15.73191294
7	1124.15	72.15	15.58073458
8	989.56	78.15	12.66231606
9	1045.25	72.42	14.43316763
10	987.56	67.66	14.59592078
11	854.21	75.65	11.29160608
12	889.54	72.34	12.29665469
13	1131.25	67.35	16.796585
14	1251.24	58.55	21.3704526
15	1042.35	66.57	15.65795403
16	951.45	70.06	13.58050243
17	865.24	72.21	11.98227392
18	925.15	71.06	13.01927948
19	825.65	71.35	11.57182901
20	946.65	74.45	12.71524513
21	1045.54	70.25	14.88313167
22	1255.25	64.85	19.35620663
SUM	23973.35	1513.19	354.3457143

RATA-RATA

16.10662338

Tabel.3. Data Perhitungan Nilai Log
S(volume), Xi * Yi dan Xi^2

Log S= Yi	Xi * Yi	(Xi^2)
5	6	7
4.283724483	58.20631013	184.6277924
4.164336934	101.2901347	591.6196306
4.098502572	107.802522	691.8427885
4.164336934	92.23795989	490.6001265
4.117735515	84.23457523	418.4695713
4.178072778	65.72907718	247.4930847
4.278747285	66.66602579	242.7592901
4.358630057	55.19035136	160.334248
4.282482504	61.80978787	208.3163279
4.214495163	61.51443753	213.0409034
4.32611744	48.84881399	127.5003679
4.281377227	52.64661734	151.2077165
4.209902903	70.71199197	282.1252678
4.06988109	86.97520094	456.6962445
4.198254026	65.73606855	245.1715245
4.249352018	57.70833539	184.4300462
4.27957854	51.27908235	143.5748884
4.263524591	55.50801822	169.5016382
4.267597344	49.38390676	133.9072267
4.310127759	54.804331	161.6774587
4.252060308	63.28397345	221.5076084
4.172076911	80.75558276	374.6627351
93.02091438	1492.323104	6101.066486

4.228223381

Dari Tabel 2 dan Tabel 3 nilai A dan B dapat dihitung dengan memakai persamaan 15, setelah lebih dahulu masing-masing kolom (Xi*Yi) dan (Xi)^2 dalam tabel

tersebut ditotal masing-masing kolom yang ada.

$$B = \frac{(22).(1492,323)-(354,345)(93,021)}{(22).(6101,066)-(354,345)^2}$$

$$B = \frac{32831,106 - 32961,526}{134223,452 - 125560,379}$$

$$B = -0,015$$

$$A = 4,228 - (-0,0015) * 16,107$$

$$A = 4,228 + 0,242$$

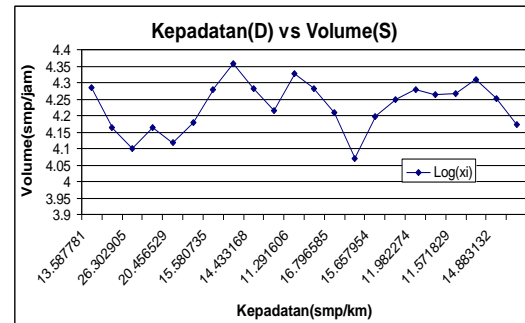
$$A = 4,47$$

$$S_{ff} = e^A$$

$$\ln S_{ff} = 4,47$$

$$S_{ff} = 87,357 \text{ km/jam}$$

$$D_m = - \frac{1}{(-0,0015)} = 66,67 \text{ smp/km}$$



Gambar 4. Hubungan Kecepatan dengan Kepadatan

Model matematis persamaan untuk Kecepatan-Kepadatan adalah :

$$\ln S = 4,47 - 0,015 D \quad (16)$$

Model matematis persamaan untuk Volume- kepadatan adalah :

$$V = 87,357 D \cdot E^{-0,015D} \quad (17)$$

Model matematis persamaan untuk Volume –Kecepatan adalah :

$$V = 447 S - 66,67 S \ln S \quad (18)$$

Volume maksimum dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (17) :

STUDI PENDAHULUAN PEMODELAN ARUS LALU LINTAS
(Hendrata Wibisana)

$$D_{maks} = \frac{66,67}{2} = 33,335 \text{ smp/km}$$
$$S_{maks} = \frac{87,357}{2} = 43,678 \text{ km/jam}$$

dengan memasukkan nilai D_{maks} ke dalam persamaan (17) diperoleh nilai V_{maks} :

$$V_{maks} = 87,357 \cdot (33,335) \cdot e^{(-0,015)(33,335)}$$
$$V_{maks} = 2912,05 \cdot e^{(-0,5)}$$
$$\text{Log. } V_{maks} = \log(2912,05) - 0,5$$
$$\text{Log. } V_{maks} = 3,46 - 0,5 = 2,96$$
$$V_{maks} = 912 \text{ smp/jam}$$

KESIMPULAN

Nilai S_{ff} (kecepatan pada kepadatan terendah) diperoleh sebesar 87,357 km/jam. Nilai D_j (kepadatan tertinggi) diperoleh sebesar 66,67 (smp/km)

Volume maksimum diperoleh pada kondisi kepadatan $D = 33,335$ smp/km yang bergerak dengan kecepatan $S = 43,678$ km/jam.

Model matematis diperoleh :

$$\text{Ln. } S = 4,47 - 0,015 D$$

$$V = 87,357 D \cdot e^{(-0,015D)}$$

$$V = 447 S - 66,67 S \ln S$$

DAFTAR PUSTAKA

Asian Development Bank, "Panduan Keselamatan Jalan untuk Kawasan Asia Pasifik", Asian Development Bank, Manila, 2003

Bhattacharyya G.K., Johnson R.A., "Statistical Concepts and Methods", John Wiley & Sons, New York, 1977

Khisty C.J., Kent Lall., "Transportation Engineering An Introduction", Third Edition, Prentice Hall, New Jersey, 2003

Tamin, O.Z., "Perencanaan dan Pemodelan Transportasi", Edisi Kesatu, ITB Bandung, 2003.

Warpani S., "Merencanakan Sistem Perangkutan", ITB, Bandung, 1990